

## JP2003174426A ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM

### Bibliography

#### DWPI Title

Orthogonal frequency division multiplexing communication system inserts pilot symbol in determined subcarrier based on information notified from mobile station

#### Original Title

ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM

#### Assignee/Applicant

Standardized: JAPAN TELECOM CO LTD

Original: JAPAN TELECOM CO LTD

#### Inventor

NAGATE ATSUSHI ; MASUI ATSUYOSHI ; FUJII TERUYA

#### Publication Date (Kind Code)

2003-06-20 (A)

#### Application Number / Date

JP2001371338A / 2001-12-05

#### Priority Number / Date / Country

JP2001371338A / 2001-12-05 / JP

### Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a data transmission efficiency and to reduce a bit error rate by adaptively controlling a pilot symbol inserting position.

SOLUTION: A mobile station 2 which receives an OFDM signal measures the reception powers of all sub-carriers. A control part 26 divides the whole sub-carriers into blocks constituted of continuous sub-

carriers whose measured reception powers have a difference within a prescribed threshold, and determines the sub-carriers into which pilot symbols is to be inserted for each block unit, and notifies a base station 1 of the information of the sub-carriers. The base station 1 inserts the pilot symbols into the sub-carriers notified from a mobile station 2 by a pilot symbol inserting part 12, and transmits an OFDM signal

## **ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX COMMUNICATION SYSTEM**

**Publication number:** JP2003174426 (A)

**Publication date:** 2003-06-20

**Inventor(s):** NAGATE ATSUSHI; MASUI ATSUYOSHI; FUJII TERUYA

**Applicant(s):** JAPAN TELECOM CO LTD

**Classification:**

**- international:** *H04J11/00*; H04J11/00; (IPC1-7): H04J11/00

**- European:**

**Application number:** JP20010371338 20011205

**Priority number(s):** JP20010371338 20011205

Abstract of **JP 2003174426 (A)**

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a data transmission efficiency and to reduce a bit error rate by adaptively controlling a pilot symbol inserting position. ; SOLUTION: A mobile station 2 which receives an OFDM signal measures the reception powers of all sub-carriers. A control part 26 divides the whole sub-carriers into blocks constituted of continuous sub-carriers whose measured reception powers have a difference within a prescribed threshold, and determines the sub-carriers into which pilot symbols is to be inserted for each block unit, and notifies a base station 1 of the information of the sub-carriers. The base station 1 inserts the pilot symbols into the sub-carriers notified from a mobile station 2 by a pilot symbol inserting part 12, and transmits an OFDM signal. ; COPYRIGHT: (C)2003,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-174426  
(P2003-174426A)

(43)公開日 平成15年6月20日(2003.6.20)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 J 11/00

識別記号

F I  
H 0 4 J 11/00

デマコト\* (参考)

Z 5 K 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-371338(P2001-371338)

(22)出願日 平成13年12月5日(2001.12.5)

(71)出願人 502306660

日本テレコム株式会社  
東京都中央区八丁堀四丁目7番1号

(72)発明者 長手 厚史

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本  
テレコム株式会社内

(72)発明者 舩井 淳祥

東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本  
テレコム株式会社内

(74)代理人 100102635

弁理士 浅見 保男 (外4名)

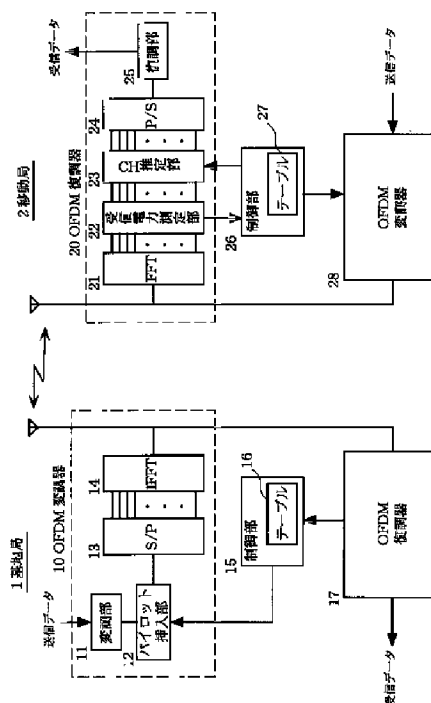
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 直交周波数分割多重通信システム

(57)【要約】

【課題】 パイロットシンボル挿入位置を適応的に制御することにより、データ伝送効率とビット誤り率を改善する。

【解決手段】 OFDM信号を受信する移動局2では、受信電力測定部22で全サブキャリアの受信電力を測定する。制御部26では、全サブキャリアを、測定した受信電力の差が所定のしきい値以内である連続するサブキャリアからなるブロックに分割し、各ブロック単位でパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定し、該サブキャリアの情報を基地局1に通知する。基地局1では、パイロットシンボル挿入部12において、移動局2から通知されたサブキャリアにパイロットシンボルを挿入してOFDM信号を送信する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信側装置から送信される複数のサブキャリアを受信側装置で受信する直交周波数分割多重通信システムであって、

前記受信側装置は、受信した前記複数のサブキャリアそれぞれの受信電力を測定する測定手段と、該測定した各サブキャリアの受信電力に基づいてパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するサブキャリア選択手段と、該決定したパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報を前記送信側装置に通知する手段とを有し、

前記送信側装置は、前記受信側装置から通知されたパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報に基づいて対応するサブキャリアにパイロットシンボルを挿入して送信する手段を有することを特徴とする直交周波数分割多重通信システム。

【請求項2】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項3】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であり、かつ、前記測定した各サブキャリアの受信電力がその前後のサブキャリアと比較して極大値あるいは極小値とならないことを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請求項1記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項4】 1つの前記ブロック内に含まれるサブキャリアの数に上限が定められていることを特徴とする請求項2あるいは3記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項5】 測定した受信電力が所定値以下であるサブキャリアを前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして決定することを特徴とする請求項2あるいは3記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項6】 前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該各ブロックに含まれるサブキャリアの数に基づいてブロック内サブキャリア数を求め、該求めたブロック内サブキャリア数ごとに全サブキャリアを再度一定間隔毎に分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定することを特徴とする請

求項1記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項7】 前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数のうちの最小値を前記ブロック内サブキャリア数とすることを特徴とする請求項6記載の直交周波数分割多重通信システム。

【請求項8】 前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数の累積分布関数に基づいて前記ブロック内サブキャリア数を決定することを特徴とする請求項6記載の直交周波数分割多重通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、直交周波数分割多重通信システムに関し、特に移動体通信などのマルチパス環境に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】近年、直交周波数分割多重（OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式が高速、高品質の伝送方式として注目されており、これを移動体通信システムに適用することが検討されている。移動体通信などのマルチパス環境を伝搬したOFDM信号は、周波数選択性フェージングの影響を受け、サブキャリア毎の位相回転量および受信電力が変動し、その変動特性は、伝搬路の環境により様々に変化する。このため、一定の受信品質を保つためには、送信側で全サブキャリアに既知のパイロットシンボルを挿入し、受信側ではそれらを元にして伝搬路によるフェージング複素包絡線を推定するいわゆるチャネル推定を行うことが考えられる。また、周波数相関を利用し、一定間隔のサブキャリア毎にパイロットシンボルを挿入し、パイロットシンボルの挿入されていないサブキャリアにおいては補間を用いてチャネル推定を行うことも検討されている（ARIB STD-B31（1.1版））。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、全サブキャリアにパイロットシンボルを挿入する場合には、パイロットシンボルの分だけデータを送信することができないためにデータ伝送効率が低下してしまう。また、一定間隔のサブキャリアごとにパイロットシンボルを挿入する場合においても、周波数選択性フェージングの変動が緩やかな場合には、過剰にパイロットシンボルが挿入されていることとなるため、データ伝送効率の低下となる。逆に、周波数選択性フェージングの変動が激しい場合に、一定の間隔（周波数間隔）でパイロットシンボルを挿入した場合には、周波数相関が低いために補間によるチャネル推定の精度が低下し、ビット誤りが生じやすくなる。特に、移動体通信の場合には、ユーザの移動により伝搬路環境が様々に変動し、周波数選択性フェージングの変動特性も様々に変動するため、パイロットシンボルを挿入するサブキャリアの間隔を固定にしたままで、データ伝送効率が低下するケースが生じる。さら

に、サブキャリアの受信電力が低い場合には、位相回転量の急激な変動が生じるために位相情報を利用する変調方式では補間によるチャンネル推定の精度が低下し、ビット誤りが生じやすくなる。また、パイロットシンボルの挿入間隔が大きくなると、サブキャリア間隔が大きい場合や遅延スプレッドの大きい場合において位相回転量の変動が大きくなり、位相情報を使用する変調方式ではチャンネル推定の精度が低下し、ビット誤りが発生しやすくなるという問題がある。

【0004】そこで本発明は、伝搬路環境の変化に応じてパイロットシンボルの挿入位置を適応的に制御することにより、データ伝送効率とビット誤り率を改善することができる直交周波数分割多重通信システムを提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明の直交周波数分割多重通信システムは、送信側装置から送信される複数のサブキャリアを受信側装置で受信する直交周波数分割多重通信システムであって、前記受信側装置は、受信した前記複数のサブキャリアそれぞれの受信電力を測定する測定手段と、該測定した各サブキャリアの受信電力に基づいてパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するサブキャリア選択手段と、該決定したパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報を前記送信側装置に通知する手段とを有し、前記送信側装置は、前記受信側装置から通知されたパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに関する情報に基づいて対応するサブキャリアにパイロットシンボルを挿入して送信する手段を有するものである。

【0006】また、前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するものとされている。あるいは、前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力の差が所定のしきい値以内であり、かつ、前記測定した各サブキャリアの受信電力がその前後のサブキャリアと比較して極大値あるいは極小値とならないことを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するものとされている。さらに、1つの前記ブロック内に含まれるサブキャリアの数に上限が定められているものである。さらにまた、測定した受信電力が所定値以下であるサブキャリアを前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして決定するようになされているものである。

【0007】さらにまた、前記サブキャリア選択手段は、前記複数のサブキャリアを、前記測定した受信電力

の差が所定のしきい値以内であることを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数のブロックに分割し、該各ブロックに含まれるサブキャリアの数に基づいてブロック内サブキャリア数を求め、該求めたブロック内サブキャリア数ごとに全サブキャリアを再度一定間隔毎に分割したブロック毎に前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定するものとされている。さらにまた、前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数のうちの最小値を前記ブロック内サブキャリア数とするものである。あるいは、前記1または複数のブロックに含まれているサブキャリア数の累積分布関数に基づいて前記ブロック内サブキャリア数を決定するものである。

【0008】

【発明の実施の形態】図1に、本発明の直交周波数分割多重通信システムの一実施の形態の要部構成を示す。ここでは、基地局1と1つの移動局2を示し、基地局1からOFDM信号が移動局2に対して送信される場合を例にとって説明する。図1に示すように、基地局1はOFDM変調器10、OFDM復調器17および制御部16を備えている。送信データは、OFDM変調器10における変調部11において、誤り訂正符号化などを施された後、変調される。この変調方式としては、伝送速度や必要とする伝送品質に応じてBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等が選択される。パイロット挿入部12において、制御部15から供給されるパイロットシンボル挿入位置を示す制御情報に基づいて変調部11から出力される変調シンボルにパイロットシンボルが挿入され、直列-並列変換部（S/P変換部）13において、サブキャリア数に相当する並列数の変調シンボルに変換される。S/P変換部13から出力されるサブキャリア数とされる並列変調シンボルは、逆フーリエ変換部（IFFT）14において逆フーリエ変換されてOFDM信号とされる。なお、IFFT14は、逆離散フーリエ変換部（IDFT）としてもよい。このOFDM信号は、所定の周波数の搬送波に乗せられて基地局1から送信される。

【0009】このOFDM信号を受信可能な移動局2は、OFDM復調器20、OFDM変調器28および制御部26を備えている。このOFDM変調器28は、基地局1におけるOFDM変調器10のパイロット挿入部12を省略した構成とされている。移動局2において受信されたOFDM信号はフーリエ変換部（FFT）21においてフーリエ変換が施されて、サブキャリア毎に分解される。FFT21は、離散フーリエ変換部（DFT）としてもよい。FFT21から並列に出力されるサブキャリアの各々の受信電力が、受信電力測定部22において測定され、サブキャリアの各々の受信電力値は制御部26へ供給される。また、FFT部21から並列に出力されるサブキャリアはチャンネル推定部23に供給

される。チャネル推定部23では、制御部26から通知されるパイロットシンボルが挿入されているサブキャリアの番号により指定されたサブキャリアの受信信号に含まれるパイロットシンボルの受信信号から伝搬路情報（位相回転量および減衰量）を推定し、前記FFT部21からの各サブキャリアの受信信号の位相回転などを補償する。チャネル推定部23で補正された各サブキャリアの受信信号は並列-直列変換部（P/S変換部）24に供給され、並列とされているサブキャリアの変調シンボルは直列の変調シンボルに変換される。このP/S変換部24から出力されるサブキャリアの変調シンボルは、シンボル復調部25において復調されて復調データとされる。シンボル復調部25においては、送信側において施されたBPSK、QPSKあるいは16QAMや64QAM等の変調に応じた復調が行われた後、誤り訂正処理等が行われて受信データとして出力される。

【0010】ここで、本発明においては、前記制御部26において、受信電力測定部22で測定した各サブキャリアの受信電力に基づいてパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置を適応的に決定するようにしている。そして、この決定されたパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置を示す情報を情報管理テーブル27に記憶し、該パイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置情報を前記OFDM変調器28に入力し、移動局送信データとともに前記基地局1に送信する。また、該情報管理テーブル27の情報に基づいて前記チャネル推定部23はチャネル推定を行う。前記基地局1では、前記OFDM復調器17で復号した前記パイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置を示す情報を前記制御部15の情報管理テーブル16に書き込み、この情報を前記パイロットシンボル挿入部12に供給するようにしている。

【0011】図2は、前記基地局1から送信されるマルチキャリア信号のフレーム構成の例を示す図であり、ここでは、複数のサブキャリアのうちの一部（SC1～SC16の16個）のサブキャリア信号のみを示している。この図に示すように、本発明においては、全サブキャリアのうちの前記制御部26において選択されたサブキャリア（図示する例では、SC1、SC6、SC9、SC13、SC16、…）にのみ、フレームごとに斜線で示すパイロットシンボルを挿入して送信する。前記チャネル推定部23では、パイロットシンボルが挿入されたサブキャリア（図示する例では、SC1、SC6、SC9、SC13、SC16、…）のパイロットシンボルの受信信号と既知のシンボルデータとを比較して伝搬路による位相回転量と減衰量を算出し、時間軸上での補間を行って、それらのチャネルの伝搬路情報を求める。また、パイロットシンボルが送信されないサブキャリアについては、前記選択されたサブキャリアで受信されたパイロットシンボルから周波数軸上での補間を行って、そ

のサブキャリアの伝搬路情報を求める。そして、前述のように時間軸上での補間を行うことにより、各サブキャリアの伝搬路情報を求める。そして、このようにして求めた伝搬路情報（チャネル推定値）に基づいて前記FFT部21から出力されるそれぞれのサブキャリアの受信情報の位相変動を補償する。

【0012】次に、上述のようにパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択の仕方について説明する。ここでは、送信データの変調方式として位相を変化させる変調方式（BPSKやQPSK）などが採用されているものとする。図3の（a）は、前記基地局1から送信されるOFDM信号の一例を示す。この図に示すように、全サブキャリアとも同一送信電力で信号が送信されるのであるが、周波数選択性フェージングにより、

（b）に示すように、サブキャリアにより受信信号電力が変動する。そこで、本発明では、まず、受信電力の差が予め定めた所定値（ここでは、 $\Delta E$ とする。）以内である連続するサブキャリアをまとめて1つのブロックとし、全サブチャネルを1又は複数のブロックに分割する。図3の（b）に示す例では、サブキャリア番号が最も小さいサブキャリアSC1を基準として、該SC1の受信電力との受信電力の差が所定値 $\Delta E$ を超えないサブキャリアSC5までを第1のブロック#1とし、次いで、所定値 $\Delta E$ を超えたサブキャリアSC6を新たな基準として受信電力の差が所定値 $\Delta E$ 以内であるサブキャリアSC8までを次のブロック#2とする。以下同様に、SC9～SC12をブロック#3、SC13～SC16をブロック#4というようにブロックに分割されている。そして、各ブロックから選択されたサブキャリアをパイロットシンボルを挿入して送信するサブキャリアとする。図示した例では、各ブロックの先頭に位置するサブキャリアを選択するものとし、斜線で示している。このように、本発明においては、隣接するサブキャリアは周波数相関が高く、一定の相関帯域幅内のサブキャリアにおける周波数選択性フェージングの影響による位相回転量および受信電力の変動はほぼ同等とみなすことができることから、受信電力の差が所定値以内である連続するサブキャリアを1つのブロックとし、該ブロック単位でパイロットシンボルの挿入を行い、それを用いてチャネル推定を行うようにしている。なお、周波数軸上での受信電力の変動が急激な場合には、1つのブロックに1つのサブキャリアのみが含まれる場合がある。これにより、上述した問題点を克服することが可能となる。

【0013】前記図3の（b）に示したように、受信電力の差が予め定めた所定値（ $\Delta E$ ）以内であることに基づいてサブキャリアをブロックに分割した場合には、各ブロックに含まれるサブキャリア数にばらつきが生じる。そこで、前述のように受信電力の差に基づいてブロックに分割した結果に基づいて各ブロックに含まれるサ

ブキャリア数の最適な値（ブロック内サブキャリア数）を算出し、各ブロックに含まれるサブキャリア数が該算出したブロック内サブキャリア数となるように全サブキャリアを再度分割して、一定間隔ごとに再分割されたブロック毎にパイロットシンボルを挿入するようにしてもよい。これにより、受信側（移動局2）から送信側（基地局1）にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置を示す情報として、ブロック内サブキャリア数のみを通知するだけで済むため、通知する情報量を少なくすることができる。図4の（a）はこの様子を示す図であり、ブロック内サブキャリア数を3として再度3サブキャリア毎にブロック分割をした場合を示している。ここで、前記ブロック内サブキャリア数の算出方法としては、（1） $\Delta E$ により分割した各ブロックに含まれるサブキャリア数のうちの最小値をブロック内サブキャリア数とする方法、（2） $\Delta E$ により分割した各ブロックに含まれるサブキャリア数毎にその発生確率を求め、その累積分布関数の値が所定の値（例えば、60%）となるサブキャリア数をサブキャリア数の最適値とする方法、および、（3） $\Delta E$ により分割した各ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値あるいは平均値をブロック内サブキャリア数とする方法などがある。

【0014】また、受信電力値が小さい場合には受信電力の変動により位相回転量が急激に変動することとなり、位相情報を利用する変調方式を採用しているときには補間によるチャンネル推定の精度が低下し、ビット誤りが発生しやすくなる。そこで、受信電力値が予め定めた所定値（ $\Delta PL$ ）よりも低いサブキャリアについてはパイロットシンボルを挿入することとする。図4の（b）は、このように、受信電力が低いサブキャリアについてパイロットシンボルを挿入するようにした実施の形態の場合を示す図である。この図に示すように、受信電力値が所定の値 $\Delta PL$ よりも小さいサブキャリア（図示する例では、SC8、SC9、SC10、SC11）については、無条件にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとする。これにより、残されたサブキャリアSC1～SC7およびSC12～SC16、…をエリアと呼ぶこととする。そして、各エリアについて、前述と同様に予め定めた所定値 $\Delta E$ の範囲にある連続するサブキャリアをブロック化する。また、エリアの端部に属するサブキャリアについてはパイロットシンボルを挿入することとする。この結果、図中斜線で示したサブキャリアがパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択される。この実施の形態によれば、受信電力が小さいサブキャリアにパイロットシンボルが挿入されるため、受信電力が小さいサブキャリアについても正確なチャンネル推定が可能となり、ビット誤りの発生を防止することが可能となる。

【0015】また、前述のように、受信電力の差 $\Delta E$ を基準にブロック分けした場合には、図4の（c）に示す

ように連続する多くのサブチャネルの受信電力の差が $\Delta E$ の範囲内にあるときに、1ブロックに含まれるサブキャリアの数が増加することとなる。このような場合に、1ブロック内の位相変動が $180^\circ$ を越えると誤った補間が行われることとなる。そこで、予め、1ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値（ $\Delta MB$ ）を定めておき、該 $\Delta MB$ 毎にパイロットシンボルを挿入する。図4の（c）に示した例は $\Delta MB=8$ とされている場合を示しており、サブキャリアSC9にパイロットシンボルが挿入されている。この実施の形態によれば、受信電力の変動が少なく位相回転量の変動が急激な場合であっても、ビット誤りの発生を防止することが可能となる。

【0016】次に、振幅情報も利用する変調方式（16QAMや64QAM）などを採用した場合に好適な他の実施の形態について説明する。この場合には、受信信号電力が送信データによって変動するため、より正確な補間を行うことが求められる。前述のように、受信電力値が所定の値 $\Delta E$ の範囲内にあることを条件としてブロック分割した場合には、1つのブロック内で受信電力が周波数軸上で極大値あるいは極小値となることがある。例えば、前記図3の（b）において、ブロック#3内でサブキャリアSC11の受信電力が極小値となっている。このような場合に、パイロットシンボルが挿入されているサブキャリアSC9とSC13のチャンネル推定結果を補間することによりSC10～SC12のチャンネル推定を行なうと、振幅情報を利用する変調方式による受信信号に対してビット誤りを発生させることとなる場合がある。そこで、この実施の形態では、サブキャリアの受信電力が周波数軸上で極大値あるいは極小値となるサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択するようにしている。例えば、図5の（a）に示す例では、端部に位置するサブキャリアSC1と受信電力が極小値となるサブキャリアSC11がパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択されるようにする。すなわち、この実施の形態では、複数のサブキャリアを、受信電力の差が所定のしきい値 $\Delta E$ を超えず、かつ、その前後のサブキャリアと比較して受信電力値が極大値あるいは極小値をとらないことを条件として、1または連続する複数のサブキャリアを含む1または複数ブロックに分割し、該ブロック毎にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択する。図5の

（b）に示す例では、まず、最もサブキャリア番号の小さいサブキャリアSC1を基準とし、受信電力の差が所定のしきい値 $\Delta E$ を超えないサブキャリアSC5までの間に受信電力値が極大値あるいは極小値をとるサブキャリアがないため、SC1～SC5をブロック#1とする。次に、サブキャリアSC6を基準とし、同様に受信電力の差が $\Delta E$ 以内であるサブキャリアSC8までをブロック#2とする。次に、サブキャリアSC9が基準となり、受信電力の差が $\Delta E$ 以内であるサブキャリアはS



C12までとなるが、サブキャリアSC11はその受信電力値が極小値となっているため、受信電力値が極大値あるいは極小値をとらないサブキャリアSC10までをブロック#3とする。次に、サブキャリアSC11を基準とし、以下同様にして、サブキャリアSC11～SC12をブロック#4、サブキャリアSC13～をブロック#5とする。そして、このようにして分割された各ブロックからパイロットシンボルを挿入して送信するサブキャリアを選択する。なお、ここで、前記図4の(a)～(c)に示した手法を用いてもよい。このように、この実施の形態によれば、サブキャリアの受信電力が極値となるサブキャリアにパイロットシンボルを挿入するようにしているため、少なくとも折れ線で近似することが可能となり、振幅情報を利用する変調方式を採用した場合に、ビット誤りが発生することを防止することができる。

【0017】次に、このようなパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定する処理の流れについて、図6と図7を参照して説明する。前記制御部26中に、予め、前記受信電力の差のしきい値 $\Delta E$ 、前記受信電力のしきい値 $\Delta PL$ および前記ブロック内サブキャリア数の最大値 $\Delta MB$ を設定しておく。まず、前記受信電力測定部22において全サブキャリアの受信電力 $P[x]$  ( $x$ はサブキャリア番号)を測定する(S1)。そして、受信電力が $\Delta PL$ よりも小さい( $P[x] < \Delta PL$ )サブキャリア $x$ をパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択し、その番号 $x$ を前記制御情報管理テーブル27に書き込む(S2)。これにより、前記図4の(b)に示したエリア(各エリアの先頭および最後尾のサブキャリア番号)が決定され(S3)、各エリアについて、エリアごとにパイロットシンボルを挿入するサブキャリアが決定される(S4、S5)。

【0018】図7は、各エリア毎に行われるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択処理の流れを示す図である。まず、処理対象のサブキャリア番号 $x$ をそのエリアの先頭サブキャリアの番号に設定し(S11)、そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択してその番号を前記制御情報管理テーブル27に書き込む(S12)。次に、その先頭サブキャリアの受信電力値 $P[x]$ を基準サブキャリア電力値 $P_c$ とし、1ブロック内に含まれるサブキャリア数を計数するカウンタCBに1をセットする(S13)。そして、サブキャリア番号 $x$ を1だけインクリメントし、後続するサブキャリアを処理対象とするとともに、前記カウンタCBを1だけインクリメントする(S14)。そして、そのサブキャリアが今処理しているエリアの最後尾のサブキャリアであるか否かを判定し(S15)、最後尾のサブキャリアである場合にはそのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択して前記情報管理テーブル27に書き込み

(S18)、このエリアの処理を終了する。最後尾のサブキャリアでないときは、ステップS16に進み、ブロック内に含まれるサブキャリア数を計数するカウンタCBの計数値が前記ブロック内サブキャリア数の最大値 $\Delta MB$ を超えていないか否かを判定する。超えているときは、ステップS12に戻り、そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアに選択して、S13以降の処理を続ける。超えていないときは、ステップS17に進み、現在処理対象となっているサブキャリアの受信電力値 $P[x]$ と基準サブキャリア受信電力値 $P_c$ との差の絶対値が前記基準となるしきい値 $\Delta E$ を超えているか否か、および、 $P[x]$ が極大値あるいは極小値であるか否か、すなわち、 $P[x]$ がその前後の受信電力値 $P[x-1]$ 、 $P[x+1]$ よりも大きいあるいは小さいか否かを判定し、いずれかであるときは、前記ステップS12に戻り、そのサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択し、前記ステップS13以降の処理を行う。また、上記条件のいずれでもないときは、前記ステップS14に戻り、次のサブキャリアについて処理を行う。

【0019】前述のように、このようにしてパイロットシンボルを挿入すべきサブキャリアの番号が前記情報管理テーブル27に記憶され、この記憶内容は、制御チャネルなどを介して前記移動局2から前記基地局1に送信される。基地局1においてOFDM復調器17で復調された前記情報管理テーブル27の情報(パイロットシンボルを挿入するサブキャリアを指定する情報)は、基地局制御部15の制御情報管理テーブル16に書き込まれ、パイロットシンボル挿入部12に供給されて、指定されたサブキャリアにパイロットシンボルが挿入されて送信されることとなる。

【0020】なお、移動局制御部26の上述した処理は、フレームごとに行ってもよいし、あるいは、所定期間ごと(所定フレーム数ごと)に行ってもよい。また、上記においては、サブキャリア番号の昇順にブロック分けなどの処理を行っていたが、これに限られることはなく、降順に処理を行ってもよい。さらに、上記においては分割されたブロック内の先頭に位置するサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択していたが、これに限られることはなくブロック内のどのサブキャリアを選択するかは適宜決定することができる。さらにまた、前記図6、図7に示した例は、前記図4の(a)に示したブロック内サブキャリア数によりブロックの再分割を行うものではなかったが、ブロックの再分割を行う処理に変更することは容易である。さらにまた、上述においては、基地局1が送信側装置、移動局2が受信側装置である場合を例にとりて説明したが、これに限られることはなく、その逆の場合等であってもよい。

【0021】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の直交周波数分割多重通信システムによれば、伝搬路環境の変化に応じて柔軟にパイロットシンボルの挿入位置を決定することができ、固定的にパイロットシンボルを挿入する場合に比較して、データ伝送効率とビット誤り率の面で改善を図ることができる。特に、ユーザの移動により伝搬路環境が様々に変化する移動体通信において、より多くの効果を期待することができる。すなわち、周波数選択性フェージングの変動が緩やかな場合には、周波数相関が高いことを利用してパイロットシンボル挿入間隔を大きくすることができ、データ伝送効率を高めることができる。一方、周波数選択性フェージングの変動が激しい場合には、周波数相関が低いためにパイロットシンボルの挿入間隔が小さくなり、ビット誤り率を小さくすることができる。また、サブキャリアの受信電力が周波数軸上で極値となっている場合に、そのサブキャリアにパイロットシンボルを挿入するようにした本発明によれば、振幅を利用した変調方式の場合においても、チャネル推定の精度を向上させることができる。さらに、ブロックに含まれるサブキャリア数の最大値を定めた本発明によれば、位相回転が急激な場合においても補間することによるチャネル推定精度の低下を防止することができる。さらにまた、受信電力の小さいサブキャリアをパイロットシンボルを挿入するサブキャリアとして選択する本発明によれば、低受信電力による急激な位相回転量の変動の発生時も補間によるチャネル推定の精度の落ち込みを防止することが可能となる。さらにまた、受信電力の差により分割したブロックに含まれるサブキャリア数に基づいて求めたブロック内サブキャリア数により再度一定間隔ごとに分割したブロック毎にパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを決定する本発明によれば、受信側装置から送信側装置に通知するパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの位置に関する情報の情報量を少なくすることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の直交周波数分割多重通信システムにおける一実施の形態の要部構成を示すブロック図であ

る。

【図2】 本発明によるOFDM信号の例を示す図である。

【図3】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法を説明するための図である。

【図4】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法を説明するための図である。

【図5】 振幅情報を利用する変調方式に好適なパイロットシンボルを挿入するサブキャリアの選択方法について説明するための図である。

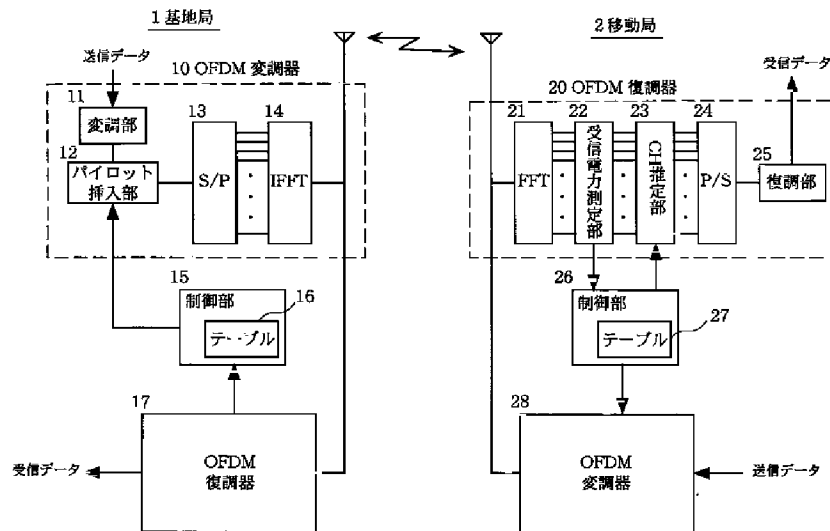
【図6】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択する処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】 本発明によるパイロットシンボルを挿入するサブキャリアを選択するためにエリア毎に実行される処理の流れを示すフローチャートである。

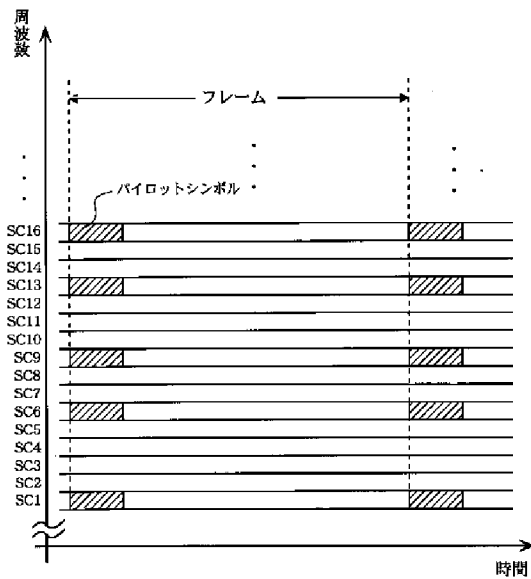
#### 【符号の説明】

- 1 基地局
- 10 OFDM変調器
- 11 変調部
- 12 パイロットシンボル挿入部
- 13 直列／並列変換器
- 14 IFFT部
- 15 制御部
- 16 情報管理テーブル
- 17 OFDM復調器
- 2 移動局
- 20 OFDM復調器
- 21 FFT部
- 22 受信電力測定部
- 23 チャネル推定部
- 24 並列／直列変換器
- 25 復調部
- 26 制御部
- 27 情報管理テーブル
- 28 OFDM変調器

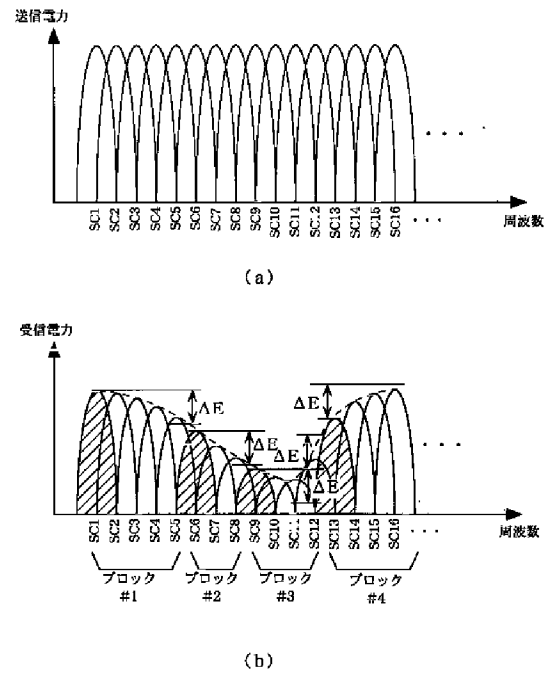
【図1】



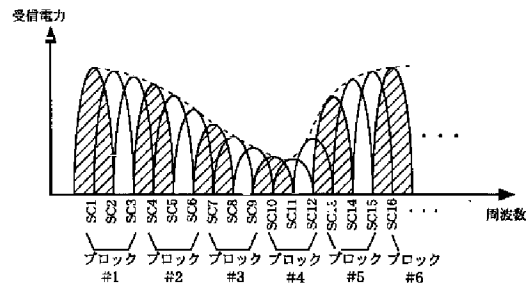
【図2】



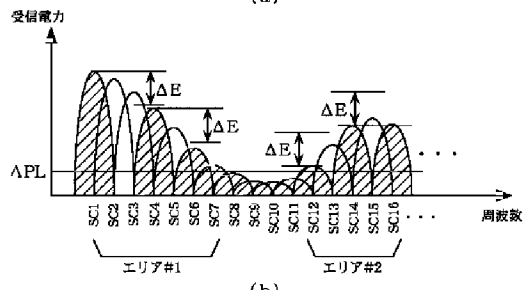
【図3】



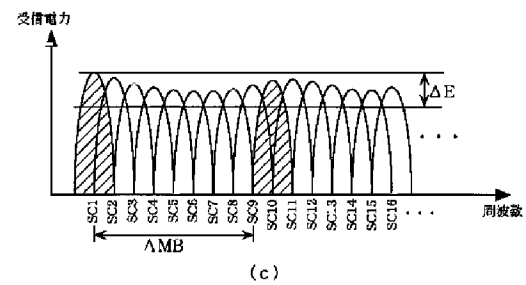
【図4】



(a)

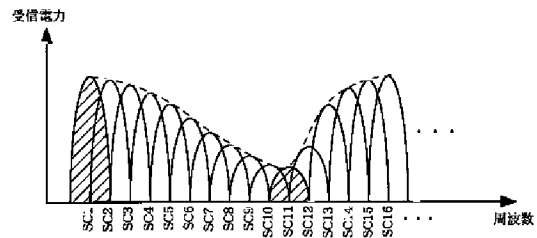


(b)

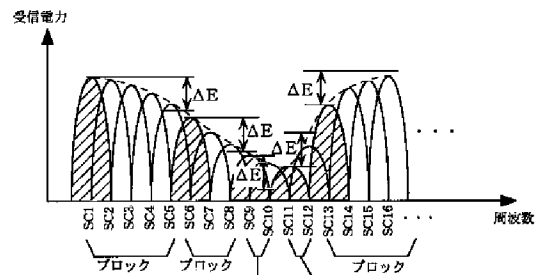


(c)

【図5】

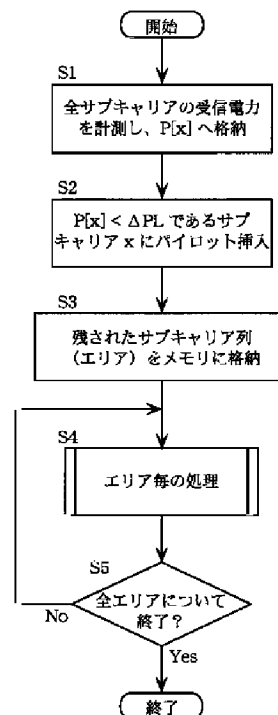


(a)

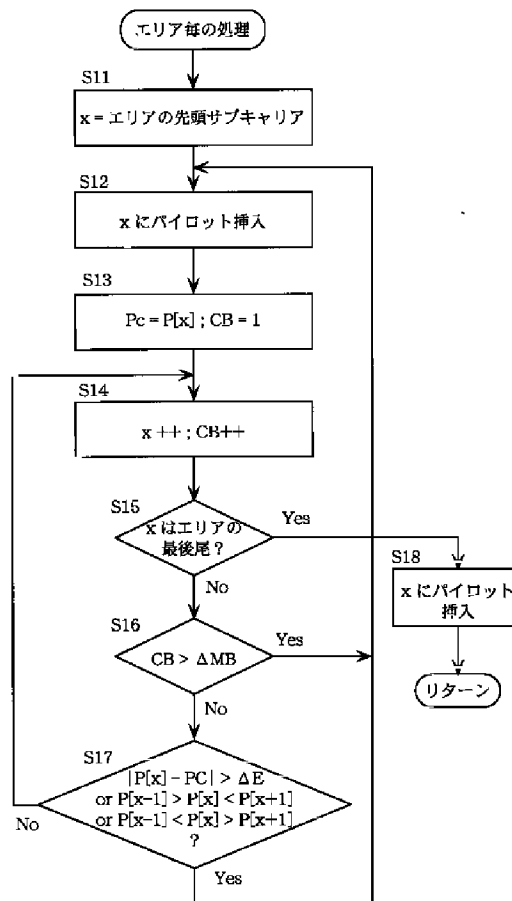


(b)

【図6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 藤井 輝也  
東京都中央区八丁堀四丁目7番1号 日本  
テレコム株式会社内

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD18 DD22 DD23  
DD32 DD33